

学校编码: 10384
学号: 19820061151807

分类号 _____ 密级 _____
UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 P2P-SIP 融合技术的 VoIP 系统设计研究

An Innovate VoIP System Based on P2P-SIP Technology

陈 世 锋

指导教师姓名: 郭东辉 教授

专 业 名 称: 无 线 电 物 理

论文提交日期: 2009 年 5 月

论文答辩日期: 2009 年 6 月

学位授予日期: 2009 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

SIP 协议凭借其简单、灵活和易扩展等优点成为构建 VoIP 系统信令的主流协议。但随着用户的高速增长,基于 SIP 的 VoIP 系统暴露出“单点失效”和“性能瓶颈”等问题。P2P 技术具有高容错和高可扩展性等优点,不会因为单个节点的失败影响整个网络。因此,研究有效的机制将 P2P 与 SIP 相结合,建立一个全新架构的 P2P-SIP VoIP 网络会话模型,可以大大提高 VOIP 系统的性能,对于 VoIP 技术的发展有着十分重要的现实意义。

本论文首先对 VoIP 系统的基本原理及其相关通讯协议,特别是 SIP 协议的架构与呼叫处理流程进行了深入的研究;其次分析对比了现有几种 P2P 算法的优缺点和性能,对其中综合性能较高的 Kademlia 进行改进,将其作为 VoIP 系统底层的路由算法。在以上理论研究的基础上,论文对 P2P 与 SIP 相互融合的方案进行了详细的讨论,提出一种基于改进 Kademlia 的 P2P-SIP 网络通信模型,最后以代码的可移植性、可复用性为基本原则,设计了基于 P2P-SIP 融合技术的 VOIP 系统的总体架构,并在 Windows 环境下实现了该设计。对系统的测试结果表明,本论文实现了预定的设计目标,所设计的 VoIP 系统功能稳定且呼叫延时较小,音、视频通话质量良好。

本论文的特色与创新点主要体现在以下几个方面:

(1) 采用第三代结构化 P2P 技术,设计实现了一种 P2P-SIP 网络电话系统,系统同时支持 C/S 以及 P2P 两种 SIP 通信模式,用户可以根据自己的网络情况自由选择向服务器注册或向 P2P 网络注册。

(2) 采用改进的 Kademlia 路由算法进行节点的并行搜索并增加搜索缓存机制,加快了用户查找速度,减少了 VoIP 的呼叫延迟。

(3) 采用模块化设计方式,使系统可以很容易地扩展对其他的 DHT 路由算法的支持,只需实现规定的接口即可;采用核心层与界面层相分离的设计方法,使代码具有很强的可移植性和可复用性。

关键词: VoIP; SIP; P2P; Kademlia; P2P-SIP

ABSTRACT

The Session Initial Protocol which is proposed by IETF has got support of lots of companies and became the chief signaling protocol of VoIP since its advantages of simplicity, flexibility and scalability. But along with the high-speed increase of users, the SIP system has got the problems of single point of failure and performance bottleneck because of its C/S architecture. P2P systems inherently have high scalability, robustness and fault tolerance because there is no centralized server and the network self-organizes itself. P2P technology becomes one of the main way to solve the problems mentioned above. So researches on how to combine SIP with P2P efficiently become very significant.

This article first analyzes the key technologies of VoIP, especially emphasis on the calling flow of SIP. And then we have a deeply study on the P2P technology. After doing comparison with the four classical structured P2P algorithm, we choose Kademlia as our routing algorithm, and a P2P-SIP model based on it is designed to fit our VoIP system. Then according to the P2P-SIP model and taking portability and reusability as based principle, the article proposed a layered architecture for the P2P-SIP VoIP system and realized it on Winodws operating system. The testing result shows that the system works stably and has good Qos performance.

The characteristics and innovations in this article are as follows:

- (1) A VoIP system based on P2P-SIP technology is designed and implemented. The system supports both C/S and P2P communication model.
- (2) The delay of user location is greatly reduced because we use improved Kademlia as the routing algorithm.
- (3) Using module programming method to support portability and reusability.

Key Words: VoIP; SIP; P2P; Kademlia; P2P-SIP

目 录

第一章 绪论	1
1.1 课题研究背景和意义	1
1.2 关键技术及其研究现状	3
1.2.1 VoIP 技术的发展与研究现状	3
1.2.2 P2P 技术的发展与研究现状	5
1.2.3 P2P-SIP 技术研究现状	7
1.3 本论文的主要工作	8
第二章 VOIP 系统原理与相关通讯协议	10
2.1 VOIP 系统原理	10
2.2 SIP 协议	12
2.2.1 SIP 的功能及特点	12
2.2.2 SIP 网络架构	14
2.2.3 SIP 协议栈结构	16
2.2.4 SIP 消息格式	17
2.2.5 SIP 呼叫流程	20
2.3 SDP 协议	25
2.4 RTP 协议	27
2.4.1 RTP 协议	27
2.4.2 RTCP 协议	27
2.5 本章小结	29
第三章 P2P 网络原理及其关键技术	30
3.1 P2P 网络的特点和分类	30
3.2 非结构化 P2P 网络	32
3.3 结构化 P2P 网络	34
3.4 主流 P2P 网络模型的对比与分析	35
3.5 Kademlia 模型	36
3.5.1 Kademlia 网络中的节点	37
3.5.2 K 桶	37
3.5.3 Kademlia 协议的四个基本操作	39
3.5.4 路由查询机制	39
3.5.5 资源发布机制	40
3.6 论文对 Kademlia 模型的改进	40
3.7 本章小结	42
第四章 P2P-SIP 通信模型的架构分析与设计	43
4.1 SIP 网络引入 P2P 的需求分析	43
4.1.1 现有 SIP 通信系统的缺点	43
4.1.2 P2P 对 SIP 的改造	44
4.2 P2P 与 SIP 融合方案研究	45
4.2.1 SIP using P2P	45
4.2.2 P2P over SIP	46

4.2.3 本论文的融合方案.....	48
4.3 P2P-SIP 通信模型的设计	49
4.3.1 网络拓扑结构.....	49
4.3.2 节点发现.....	51
4.3.3 节点加入.....	53
4.3.4 用户注册.....	53
4.3.5 用户定位及呼叫.....	55
4.3.6 节点退出.....	56
4.4 本章小结.....	57
第五章 基于 P2P-SIP 的 VOIP 系统设计与实现.....	58
5.1 系统设计目标.....	58
5.2 系统总体设计.....	59
5.3 基础设施层.....	61
5.4 核心模块层.....	63
5.4.1 P2P 模块.....	63
5.4.2 SIP 用户代理模块.....	69
5.4.3 媒体处理模块.....	75
5.5 应用控制层.....	77
5.5.1 系统启动.....	77
5.5.2 用户登录.....	78
5.5.3 用户呼叫.....	79
5.6 本章小结.....	80
第六章 系统测试与分析.....	81
6.1 测试工具和环境.....	81
6.2 功能测试.....	82
6.2.1 用户登录.....	82
6.2.2 用户呼叫.....	86
6.2.3 其他功能测试.....	91
6.2.4 测试结论.....	94
6.3 性能测试.....	94
6.3.1 性能瓶颈和单点失效问题.....	94
6.3.2 呼叫建立时间.....	95
6.3.3 语音质量.....	96
6.3.4 异地通话测试.....	97
6.3.5 测试结论.....	98
6.4 本章小结.....	98
第七章 总结与展望.....	99
7.1 论文的工作与创新点	99
7.2 今后的研究方向.....	100
参考文献.....	101
硕士期间发表的论文.....	105
致 谢.....	106

CONTENTS

1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Research Background and Significance.....	1
1.2 Key Technology and Research Status.....	3
1.2.1 Development and Research Status of VoIP.....	3
1.2.2 Development and Research Status of P2P.....	5
1.2.3 Research Status of P2P-SIP	7
1.3 Main Contents and Synopsis.....	8
2. Theory and Related Protocols of VoIP.....	10
2.1 Theory of VoIP.....	10
2.2 Session Initial Protocol.....	12
2.2.1 Functions and Characteristic of SIP.....	12
2.2.2 Network Architecture of SIP.....	14
2.2.3 Structure of SIP Stack.....	16
2.2.4 Message Format of SIP.....	17
2.2.5 Calling Flow of SIP.....	20
2.3 Session Description Protocol.....	25
2.4 Real Time Transport Protocol.....	27
2.4.1 Real Time Transport Protocol.....	27
2.4.2 Real Time Transport Control Protocol.....	27
2.5 Conclusion.....	29
3. Theory and Key Technology of Peer to Peer Network	30
3.1 Characteristic of P2P Network.....	30
3.2 Unstructured P2P Network.....	32
3.3 Structured P2P Network.....	34
3.4 P2P Topology in This Artical.....	35
3.5 Kademlia Protocol.....	36
3.5.1 Nodes in Kademlia Protocol	37
3.5.2 K Bucket.....	37
3.5.3 Four RPCs.....	39
3.5.4 Resource Lookup Process.....	39
3.5.5 Resource Publish Process	40
3.6 Improved Kademlia Protocol.....	40
3.7 Conclusion.....	42
4. Model Designment of P2P-SIP Network.....	43
4.1 Requirement Analysis to Import P2P In SIP.....	43
4.1.1 Disadvantages of Exsisting SIP System.....	43
4.1.2 Improve SIP Using P2P.....	44
4.2 Methods to Combine SIP with P2P.....	45
4.2.1 SIP using P2P	45
4.2.2 P2P over SIP.....	46
4.2.3 Method Used in This Article.....	48

4.3 Model Designment of P2P-SIP Network	49
4.3.1 Topologies	49
4.3.2 Nodes detection	51
4.3.3 Nodes Join	53
4.3.4 User Registration	53
4.3.5 User Location and Calling	55
4.3.6 Nodes Leave	56
4.4 Conclusion	57
5. System Implementation.....	58
5.1 Design Goals	58
5.2 Overall Framework	59
5.3 Basic Layer	61
5.4 Core Layer	63
5.4.1 The P2P Module	63
5.4.2 The SIP UA Module	69
5.4.3 The Mediastream Module	75
5.5 Application Layer	77
5.5.1 System Startup Flow	77
5.5.2 Uer Registration Flow	78
5.5.3 Uer Calling Flow	79
5.6 Conclusion	82
6. System Testing and Analysis	81
6.1 Testing Tools and Environment	81
6.2 Test of System Function	82
6.2.1 User Login	82
6.2.2 User Calling	86
6.2.3 Others	91
6.2.4 Testing Conclusion	94
6.3 Test of System performance	94
6.3.1 Problems of Single Point Failure and Performance Bottleneck	94
6.3.2 Call Setup Delay	95
6.3.3 Quality of Voice	96
6.3.4 Far Distance Calling	97
6.3.5 Testing Conclusion	98
6.4 Conclusion	98
7. Summary and Future work	99
7.1 Summary of The Work nad Innovations	99
7.2 Future Work	100
REFERENCES.....	101
Published Paper List.....	105
Acknowledgement	106

第一章 绪论

本章阐述论文的研究背景、国内外研究状况，介绍本论文的主要工作内容以及论文的结构安排。

1.1 课题研究背景和意义

VoIP (Voice over Internet Protocol) 是一种以 IP 电话为主，并推出相应的增值业务的技术。与传统的 PSTN 电话相比，VoIP 最大的优势是它不仅节省了带宽，降低了通话费用，而且还可以进一步集成语音、传真、视频和数据等多媒体信息以实现交互式的实时通信，提供更多增值服务，从而有利于运营商开拓新的市场。因此其将逐渐取代传统的 PSTN 电话，成为 NGN (Next Generation Network) 中语音信息传输的主要形式。图 1-1 为著名的市场调研机构 iResearch 发布的全球 VoIP 服务市场规模图，从图中可以看出，VoIP 的市场规模从 2002 年至 2008 年一直呈现高速增长的状态，由此可见 VoIP 巨大的市场潜力。

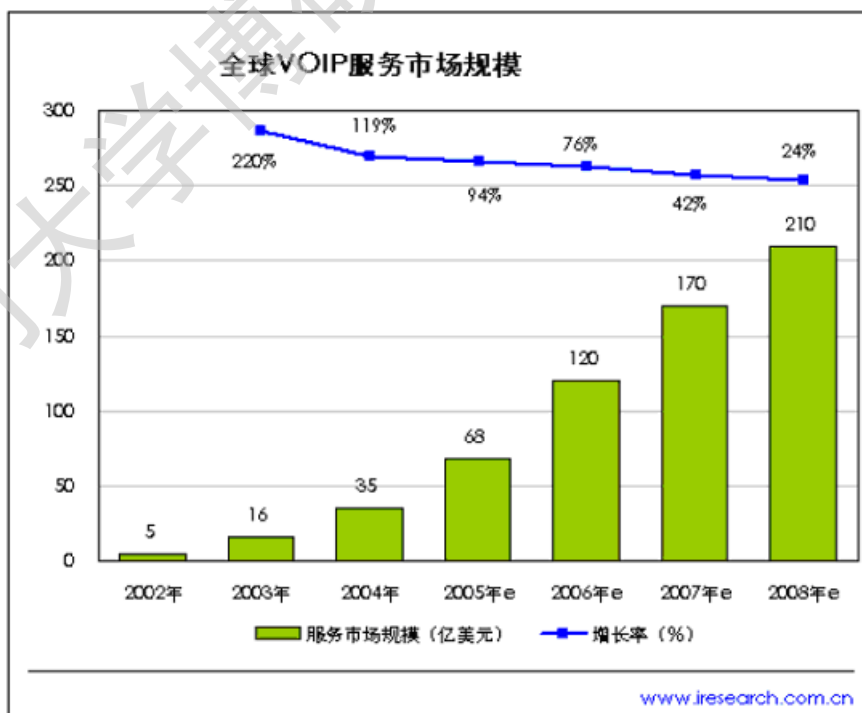


图 1-1 全球 VOIP 服务市场规模

目前 VoIP 主要采用两种协议，分别是 ITU-T (国际电信联盟) 提出的 H.323^[1]

协议和 IETF（互联网工程任务组）提出的 SIP^[2]协议。H.323 沿用的是传统的电话信令模式，企图把 VoIP 电话当作是众所周知的传统电话，只是传输方式发生了改变，由电路交换变成了分组交换。H.323 是复杂的通信协议族，理解和实现起来比较困难。而 SIP 一方面借鉴了其它 Internet 标准和协议的设计思想，在风格上遵循 Internet 一贯坚持的简练、开放、兼容和可扩展等原则；另一方面，也充分考虑了对传统公众电话网的各种业务的支持，因此赢得了电信运营商和设备制造商的青睐，成为目前构建 VOIP 系统信令的主流协议。

在 SIP 发展的过程中，由于协议本身结构方面的因素，往往采取客户端/服务器模式，由服务器进行信令的代理转发。因此，在用户高速增长的同时，SIP 也开始暴露出一些不足，传统的客户机/服务器模式引发了“单点失效”和“性能瓶颈”等问题，使系统的健壮性、可用性和性能随着节点数目的增加而降低。SIP 按域划分用户，每个域有一台 SIP 服务器，用户连上本域的服务器。如果用户所在域的服务器宕机，用户就不能使用 SIP 服务，这就是所谓的“单点失效”问题。当某个域内的用户数目庞大时，单台服务器就会性能不足。如果使用多台服务器，为维护服务器之间的一致性又会增加配置的复杂性和增大性能损耗，性能提升十分有限，这就是所谓的“性能瓶颈”问题。因此，研究如何合理地利用已有的网络资源，改进现存的 SIP 会话模型，以解决上述问题，对于 VoIP 技术的发展具有十分重要的现实意义。

与此同时，P2P^[3]技术作为一种新兴的网络技术在近几年得到迅速发展，被美国《财富》杂志称为改变因特网发展的四大新技术之一。P2P 是一种本着“人人为我，我为人人”的开放与共享思想的技术，其网络中的所有节点都是对等的，各节点具有相同的责任协同完成任务。P2P 网络不需要集中服务器，具有分布式查找和自组织性，不会因为单个节点的失败影响整个网络，具有耐攻击、高容错和可扩展性等优点，目前已经被广泛应用于分布式计算（如：SETI@home^[4]）、文件共享（如：Napstar^[5]、Bittorrent^{[6][7]}）、协作式应用（如：Skype^{[8][9]}）等领域。Skype 网络电话是 P2P 应用于 VoIP 系统中的一个典型案例，Skype 由于使用了 P2P 模式而取得了巨大的成功，全球注册用户超过 1 亿，同时在线人数突破 700 万。然而，Skype 使用私有协议，无法接入市场上大量的 VoIP 设备，限制了它的进一步发展。

Skype 的成功,使得 IETF 开始借鉴 P2P 的机制来提升 SIP,由此提出了一个新的互联网草案——P2P 版本的 SIP^[10]。目前的 P2P-SIP 仍然处于草案标准制定阶段,在 P2P-SIP 模型的实现细节上并没有作出明确的规定,还存在很多问题。因此,研究如何将 SIP 与 P2P 两大技术进行有效地互补结合,设计出一种高效的 P2P-SIP VoIP 网络会话模型,对于 VoIP 乃至整个因特网的发展都将起到重大的推动作用。

针对以上状况,本论文在深入研究 VoIP、P2P、P2P-SIP 等几种关键技术的基础上,设计并实现了一种基于 Kademlia 路由模型的 P2P-SIP VoIP 系统,该系统能够充分发挥 P2P 网络和 SIP 协议两者的优势,用 P2P 架构实现用户信息的分布式存储和定位,用 SIP 信令完成用户的呼叫功能,兼具了 P2P 的可扩展性和 SIP 的互通性,能更好地满足 VoIP 实际的应用需求。

1.2 关键技术及其研究现状

基于 P2P-SIP 的 VoIP 系统,涉及到的关键技术主要有 VoIP 技术、P2P 技术以及 P2P 与 SIP 的结合技术等。下面将分别介绍这三种关键技术及其研究现状。

1.2.1 VoIP 技术的发展与研究现状

1995 年 2 月,以色列的 VocalTec 公司研推出第一款 IP 网络电话软件——“Internet Phone”,该电话软件实现了 PC 到 PC 的语音通信,标志着网络电话的诞生^[11]。经过十几年的发展,目前已经存在众多的网络电话软件和专门从事互联网电话运营与管理的 VoIP 运营商,比如 Vonage^[12],Net2phone^[13],Skype 等 VoIP 运营公司开发的网络电话软件,不仅可以实现网络电话的互连,而且可以实现网络电话和传统电话的互连,应用广泛。厦门大学 EDA 实验室早在 2002 年就开始从事 VoIP 应用开发的研究,并取得了一定的成果,比如成功设计出一款用于 IP 网络与 PSTN 网络互通的 IP 电话网关设备^{[14][15]},提出 VoIP 中的防火墙穿越方案^[16]等。

随着网络电话应用巨大优势的体现,世界范围内特别是电信领域和计算机领域的许多组织和科研机构正在积极从事网络电话技术标准的研究。目前最有影响的主要有两家机构:国际电信联盟 ITU-T 和国际互联网标准制定工程任务组

IETF，由此产生了两大技术标准：H.323 协议和 SIP 协议。

1. H.323 协议

H.323 系列协议是 20 世纪 90 年代中期 ITU-T 提出的基于电信网信令和协议制定的 IP 网络实时多媒体通信标准。H.323 协议包括控制协议 H.245、建立连接协议 H.225.0、大型会议协议 H.332、增值服务协议 H.450.1、H.450.2 和 H.450.3、安全协议 H.235 和用于和电路交换业务互通的 H.246 协议。

2. SIP 协议

SIP 协议最初是由 IETF 的 MMUSIC（Multipart multimedia session control，多方媒体会话控制）工作组在 1999 年提出的一个标准 RFC2543，用来解决 IP 网络商的信令控制。经过几年的发展，SIP 工作组于 2002 年 6 月发表了新的 RFC3261，标志着 SIP 的基础已经确立。后来又有许多 RFC 文档和草案作为标准核心协议 RFC3261 的补充，如文献[17]对临时响应的可靠性作了规定，文献[18]给出了 SIP 体系结构的扩展设计原则以实现 SIP 扩展的规范化，文献[19]给出了 SIP 执行过程中的一些安全性措施，文献[20]确立了 SIP 代理服务器的定位规则。

虽然 SIP 和 H.323 都可以作为多媒体通信的应用层控制协议，但由于推出这两个协议的两个领域都想沿袭自己的传统，因此他们的设计风格是不同的。H.323 推出较早，协议发展得比较成熟，但相对复杂得多。SIP 借鉴了其他 Internet 标准和协议的设计思想，有其突出的技术优势。现就信令协议的功能实现方面对它们做出如表 1-1 所示的比较^{[21][22]}。

表 1-1 SIP 与 H.323 的特性对比

	SIP	H.323	SIP 的优势
编码方式	基于文本	基于 ASN.1 和压缩编码规则的二进制方法	词法和语法分析比较简单
会话能力的协商和调整方法	会话请求过程和媒体协商过程等一起进行	呼叫建立过程和进行媒体参数等协商的信令控制过程分开进行	呼叫建立时间短
补充业务	利用已定义的头域进行简单扩展就能很方便地支持补充业务或智能业务	定义专门协议，如 H.450.1, H.450.2, H.450.3 实现补充业务	扩展灵活方便
会话管理的方式	具有分布式的多播功能	集中、层次式控制，不支持信令的多播功能	节约带宽，有利于扩展，可靠性强
涉及的信道	会话请求和媒体协商一起进行，只需要 1.5 个回路时延来建立呼叫	通过 RAS 信令信道、呼叫信令信道和 H.245 控制信道协调建立呼叫	呼叫建立时间短

从以上比较可以看出, SIP 协议比 H.323 协议更具优势。尽管目前还有一些系统仍然在使用老的 H.323 协议机制, 但是大量新的 VoIP 开发都在使用 SIP 协议。3GPP、SIMPLE、网络控制等工作组已经决定采用 SIP 作为信令协议, 这些都是对 SIP 协议的极大肯定。随着 SIP 协议的不断完善和发展, 将会逐步取代 H.323 协议, 成为网络电话的主要执行标准。

现有的绝大多数的 SIP 网络电话, 虽然媒体内容的传输已经是点对点的架构, 但是建立会话的呼叫控制过程始终还是传统电信的集中式架构, 在注册、定位时需要集中服务器的支持, 因此引入了单点失效和性能瓶颈等问题。为克服现有基于 C/S 架构的 SIP 网络电话的缺点, 可将 P2P 技术引入现有较为成熟的 SIP 网络电话系统, 充分利用 P2P 网络分布式特性所带来的优点, 实现低成本高性能的网络电话系统。

1.2.2 P2P 技术的发展与研究现状

对等网络 (Peer-to-Peer network, 简称 P2P 网络) 是分布式系统和计算机网络相结合的产物, 它打破了过去“客户/服务器”模式, 让所有网络成员享有“自由、平等、互联”的功能, 不再有客户、服务器之分, 每个节点既是资源提供者, 又是资源使用者。

1999 年, 18 岁的 Shawn Fanning 开发了世界第一个应用性 P2P 网络软件 Napster^[5], 在半年时间里即拥有 5000 万注册用户。Napster 是第一代 P2P 网络——混合式 P2P 体系 (hybrid P2P architecture) 最杰出的代表, 展现了 P2P 巨大的潜力。

2000 年 3 月, 第一个无结构 P2P 网络 Gnutella^{[23][24]}诞生于 NullSoft 公司, 它是第二代 P2P 网络——无结构 P2P 体系 (unstructured P2P architecture) 的代表。

Gnutella 问世后不久, 出现了新的无结构 P2P 应用系统 KaZaA^{[25][26]}, 其最大的改进在于引入“超级节点” (super node), 从而第一个有效地开发了 P2P 网络中的节点异构性 (即节点能力上的差异)。同时期出现的还有著名的文件共享软件 eDonkey^[27]。

2001 年是第三代 P2P 网络——结构化 P2P 体系 (structured P2P architecture) 展现的舞台。这一年学术界真正开始关注 P2P 网络, IEEE 成立 P2P 专业会议,

ACM 在网络通信领域最具影响力的几个会议发表了多篇有关 P2P 的经典论文, P2P 领域最具代表性的经典模型被提出, 其中有: Chord^[28]、CAN^[29]、Tapestry^[30]、Pastry^[31]等; 同时, 大多数知名的学术团体和技术组织成立或者完善了专门的 P2P 研究组, 其中有: MIT 的 Chord/CFS 研究组, UC Berkeley 的 Tapestry/OceanStore 研究组, Microsoft Research 和 Rice University 的 Pastry/PAST 研究组, Stanford Peers 研究组等^[32]。

2002 年, P2P 专业会议 IPTPS 首次召开, 新的 P2P 模型如 Kademlia^[33]、Viceroy^[34]等被提出, 其中 Kademlia 由于使用了“异或”来度量网络节点之间的距离, 提供了更好的容错性和灵活性, 并且可以发送并行的异步消息, 提高了路由效率, 因此被广泛应用于各种 P2P 软件中, 如 emule^{[35][36]}、BitTorrent^{[37][38]}、RevConnect^[39]等。

此后的几年中, 各种 P2P 的研究和应用蓬勃发展, 当前国外比较知名的 P2P 研究有麻省理工学院的 IRIS 计划^[40], SUN 公司的 JXTA 平台^[41]以及斯坦福大学的 P2P 研究^[42]。在国内, 也有不少高校推出了一些 P2P 系统, 比较出名的有: 北京大学的天网 Maze^[43]文件共享系统, 清华大学的 Granary^{[44][45]}对等计算存储服务系统以及华中科技大学的 AnySee^{[46][47]}视频直播系统等。厦门大学 EDA 实验室在 P2P 技术方面的研究主要集中在 P2P 技术在网络多媒体方面的应用上, 例如提出了基于 P2P 技术的多媒体网络会议模型^[48]。

在 P2P 技术应用于网络电话方面, 最具代表性的是 Skype。Skype 网络把节点分为超级和普通两种, 中心服务器只负责用户的注册、登录和分配超级节点。超级节点之间通过 P2P 机制互联, 普通节点连接到超级节点, 利用超级节点来查找通信的另一端。当超级节点失效时, 它所管理的普通节点会被转移到其他超级节点上, 从而很好地避免了“单点失效”问题。当网络处理能力不够时, 部分普通节点会转换成超级节点以增大网络容量, 打破了“性能瓶颈”。Skype 的这种网络结构使得它的运营商只要维护很少的中心服务器的运行就可以管理整个网络。据统计, Skype 网络的同时在线人数已经突破了 700 万, 但通信质量仍旧能得到很好的保证。可惜 Skype 使用私有协议, 无法接入市场上大量的 VoIP 设备, 限制了它的进一步发展^[49]。将 P2P 技术与 SIP 协议相结合应用于 VoIP 中, 是一个很好的解决方案。

1.2.3 P2P-SIP 技术研究现状

所谓 P2P-SIP 技术,即将现有的基于 C/S 架构的 SIP 应用系统改造成基于 P2P 模式的对等网络,取消现有的包括注册、代理和重定向在内的各种 SIP 服务器,利用 P2P 实现用户的注册、加入、离开、查找定位和信令路由功能。每个 SIP 终端都是一个 Peer,既作为服务器也作为客户端。

目前,基于 P2P-SIP 的应用研究仍处于萌芽阶段。国际上从事 P2P-SIP 融合技术研究的学术组织主要有美国哥伦比亚大学(College of Columbia)和威廉玛丽学院(College of William and Mary)等,标准化组织有 IETF 于 2005 年成立的 P2P-SIP 工作组^[50],进行 P2P-SIP 技术商用化尝试的有 SIPPerrior 公司等。

2004 年,哥伦比亚大学的 K.singh 和 H.schulzrinne 教授在分析了 Skype 的基础上,首次提出了采用分布式 P2P 网络取消 SIP 系统的集中位置服务器,构建无服务器的 SIP 网络电话系统的思想,目前已经基于该思想开发出了一个基本的软件系统: SIPPEER^[51],它是一种基于 P2P-SIP 的网络电话适配器(Adapter),允许 SIP UA 在不进行修改的情况下连接到 P2P-SIP 网络。

2005 年,美国威廉与玛丽学院的 D.Bryan 和 C.Jennings 提出了一种新的基于 P2P 的完全非中心结构的 VoIP 系统: SoSIMPLE^{[52][53]}。它完全构建在 SIP/SIMPLE 的基础上,且重用了其中的客户端、网络架构,仅增加了自组织方式,这使得 SIP/SIMPLE 在兼容 P2P 时只需做很少的改动。

另外,EarthLink R&D 公司开发了名为 SIPShare^[54]文件共享的软件,采用基于 SIP 的非结构化 P2P 实现了不同节点之间的文件交互,第一次将 SIP 协议扩展到了音频、视频通信以外的领域。

2006 年 2 月, IETF 成立了新的工作小组 IETF-65 (p2psip)^[55],专门研究 SIP 与 P2P 整合应用协议的制定和管理,目前尚处在草案标准制定阶段,最新的草案是: REsource LOcation And Discovery (RELOAD)^[10]。但是草案在 P2P-SIP 模型的实现细节上并没有作出明确的规定,还存在很多问题,例如如何保证一个无需集中授权的固定唯一的名址空间,如何对用户进行快速定位,如何对 P2P 网络进行有效的管理以及节点身份认证和安全机制等问题^[56]。

国内学术界以北京邮电大学为代表^{[57][58][59][60]},但是很多都还只是理论研究,实际作品比较少。另外电信运营商网通研究院和华为等设备商也正着手基于 P2P

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库